

# ПАЙКЕРИТ - СТРОИТЕЛЬНЫЙ И ЗАКЛАДОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

В.В. Райс

Научный руководитель профессор О.В. Ковалёв

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Важное место в Российской Федерации занимают арктические территории, которые представляют собой богатый ресурсами край: запасы апатитового концентрата (более 90 %), никеля (85 %), меди (около 60 %), вольфрама (более 50 %), редкоземельных элементов (более 95 %), платиноидов (свыше 98 % запасов), олова (более 75 % разведанных запасов - Северо-Янское месторождение), ртути (основные разведанные запасы - в пределах Яно-Чукотской провинции, крупные месторождения - на полуострове Таймыр), запасы золота, серебра (около 90 %), алмазов (более 99 % - на территории Якутии, в Архангельской области и Таймырском АО) [1].

Перспективным направлением поддержания кровли, управления горным давлением на рудниках и рекультивации отработанных карьеров в области распространения многолетней мерзлоты является замораживаемая закладка. Ещё в 1931 году П. А. Леоновым была выдвинута идея закладки льдом выработанного пространства применительно к шахтам Прокопьевского района Кузбасса. В 1949 г. по инициативе С. И. Луценко закладку льдом стали применять на одном из рудников Норильского комбината. Объем намороженного послойно льда достигал 50—100 тысяч кубических метров в год. В 1946—1947 гг. А. И. Блинский, а в 1950 г. С. Е. Мартышев предложили закладывать льдом, одновременно заливая водой, выработанное пространство, что требует более длительного и интенсивного охлаждения. В 1954 году В. П. Бакакин обобщая опыт разработки месторождений криолитозоны, пришел к выводу, что для повышения их эффективности желательно поддерживать температуру горных пород не выше минус 2° [3], что давало дополнительное преимущество при использовании замораживаемой закладки.

В тоже время использование такого вида закладки сопряжено с некоторыми трудностями. Одной из них является недопустимость обнажения замороженного материала в контакте с положительным тепловым потоком даже непродолжительное время. Как только температура поднимается выше 0 °С (при нормальном атмосферном давлении) лёд, а, следовательно, и его ледяные включения в закладочном массиве тают.

При повышении температуры, даже при отрицательной, но близкой к 0 °С, мёрзлые породы полностью теряют водонепроницаемость и изолирующие свойства. Профессором Ельчаниновым Е.А. было установлено, что прочность горных пород, находящихся в условиях многолетней мерзлоты при переходе в талое состояние снижалась на 5-30%. Указанное изменение свойств обусловлено, в частности, тремя основными процессами, протекающими в мёрзлых породах: увеличением количества влаги и уменьшением содержания льда-цемента; разрушением кристаллической решётки льда и всех твёрдых компонентов; структурным разуплотнением, вызванным температурным расширением компонентов мёрзлой породы. Выявленные факторы указывают на некоторые сложности, связанные с использованием ледяного и льдопородного материала в горном деле, в частности, при создании закладочного массива.

Цель данной работы заключается в нахождении материала, позволяющего изменить структуру и свойства льда. Однако, такой материал уже был изобретён, но не использовался в горном деле.

В 1942-м году Джеффри Пайк предложил соорудить огромные плавучие аэродромы из льда, однако идея себя не оправдала – лёд оказался недолговечен. Обычный лёд при растяжении очень непрочен, трещины в нем распространяются легко, при этом прочность льда непостоянна. Ситуация изменилась с открытием нью-йоркскими учёными (Г. Ф. Марком и его помощником В. Хознштайном) необыкновенных свойств смеси пресной воды с хлопковой ватой или целлюлозой (составляющей около 14% или 6 к 1 по массе), которая практически не образовывала трещин и не плавилась. Пайкерит можно было обрабатывать, как дерево или плавить, подобно металлу, в воде древесная масса разбухала, образуя оболочку и предотвращала таяние льда. Исследователи предполагали, что создание такого авианосца потребует небольших финансовых затрат, кроме того, наличие морской воды и находящихся на борту холодильных установок позволит отремонтировать любое судно прямо во время плавания [4].

Достоинством пайкерита была простота изготовления: ледяная и древесная масса раскатывались как тесто до толщины около 1 см (3/8 дюйма), а затем замораживались холодным воздухом, нагнетаемым над ними. В отличие от обычного льда пайкерит имел более высокую прочность и удароустойчивость, а также меньшую теплопроводность.

В сентябре 1943 года для изготовления небольших судов из пайкерита была составлена таблица характеристик материалов (табл. 1) [5].

Таблица 1

Сравнительные свойства материалов

Механические свойства	Лёд	Бетон	Пайкерит
Предел прочности на сжатие [МПа]	3,447	17,240	7,584
Предел прочности на разрыв [МПа]	1,103	1,724	4,826
Плотность [кг/м³]	910	2500	980

Детальное исследование выявило положительные характеристики материала – он в 4 раза прочнее льда, обладает ковкостью и оказывает примерно такое же сопротивление динамической нагрузке, как бетон, а также

благодаря низкой теплопроводности тает значительно медленнее чистого льда.

Вместе с тем были выявлены недостатки проекта, решение которых требовало: постоянного охлаждения материала до температуры  $-16^{\circ}\text{C}$  (для компенсации пластических свойств и текучести); армирования конструкции металлическими элементами (для предотвращения деформации при таянии).

В декабре 1943 года работы над проектом были прекращены, а после войны пайкерит практически не нашёл применения. В настоящее время можно считать, что пайкерит можно использовать в качестве экологичного и относительно дешёвого материала для строительства и добычи ресурсов в криолитозоне.

За 70 лет со времени изобретения пайкерита, произошли глобальные изменения в промышленности и в целлюлозно-бумажной отрасли. В 21 веке для изготовления пайкерита можно рассматривать не только целлюлозное волокно, выделяемое из древесины или опилки, а также различные варианты современных материалов и отходов. Продолжают появляться новые составы пайкерита, например, суперпайкерит. Он изготовлен из пропитанной и прессованной в воде (для удаления воздуха) бумаги. Кроме того, «суперпайкерит», сделанный из газет, имеет более высокую прочность, чем «классический» пайкерит из древесной массы.

Макулатура и отходы деревообработки в больших количествах имеются практически на любом предприятии, но этого количества не достаточно для создания закладочного массива. В России существует ряд крупных компаний, занимающихся переработкой макулатуры, сотрудничество с которыми даст возможность закупки большого количества этого вторичного сырья. Существуют также и деревообрабатывающие компании, которые находятся за пределами городов и широких транспортных инфраструктур, что вызывает сложности в переработке образующихся отходов (щепа, стружка, шлифовальная пыль, опилки, древесная кора) из-за нецелесообразности перевозки грузов и экономических соображений. Отмеченная выше рациональная утилизация древесных отходов даст возможность понизить вред окружающей среде, послужит источником экономии средств, получения дополнительной прибыли за счет реализации новых видов продукции [2].

Об экономической эффективности применения макулатурной массы, используемой для создания пайкерита, свидетельствуют следующие данные: средняя цена тонны макулатуры в 2 - 4 раза дешевле тонны целлюлозы и на 25 - 30% ниже древесной массы.

Применяя макулатуру (все виды бумаги и картона, пригодные для дальнейшего использования как волокнистое сырьё) в качестве наполнителя для пайкерита, можно получить не только дешёвый, но и при этом более прочный композит.

Добыча природных ресурсов в Арктике сопряжена с огромными экологическими рисками, опасностью значительного трансграничного негативного воздействия, нарушения хрупких экологических систем Арктической зоны. Экотехнологии, адаптированные для реализации добычи ценных руд в этих специфических условиях Севера с каждым годом становятся более востребованными. Первым шагом в создании такой технологии может служить выбор экологичного и относительно дешёвого материала для строительства и добычи ресурсов, который во многом учитывает биотические и абиотические особенности данного региона. Пайкерит можно использовать не только в качестве закладочного материала в горном деле, но и для строительства аэропортов, морских портов, мостов, инженерно-технических сооружений и др.

Применение пайкерита увеличит безопасность горных работ, расширит область применения льдопородной закладки, учитывая при этом экологические особенности криолитозоны и, что немаловажно создаст возможности для вовлечения в эксплуатацию новых месторождений полезных ископаемых, разработка которых в настоящее время по тем или иным причинам нерентабельна.

#### **Литература**

1. Пилявский В. П. Арктика как центр геополитических и экономических интересов. [Электронный ресурс] // Россия сегодня и завтра, 04.2011 г. – Режим доступа: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/moskau/07996.pdf>.
2. Сафонов А. О. - Тенденции развития производства композиционных материалов из отходов древесины. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. № 75(01), 2012 г. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/35.pdf>.
3. Основы геокриологии (мерзлотоведения). Ч. I. Общая геокриология: монография; Отв. ред.: П.Ф.Швецов, Б.Н.Достовалов. - М. : Изд-во АН СССР, 1959. - 459 с.
4. Icebergs as Ships // The Engineer, 1946, June 7.
5. The National Archives, ADM 1/15677 – Proposals and inventions of Mr Geoffrey Pyke; gravity propelled ball bomb, pykrete and power driven rivers.